

日本の第四紀火山—その活動, 規模, 年代

Quaternary Volcanoes in Japan—the Activity, Scale, Age

守屋 以智雄

Ichio Moriya

The outline of the research history, magma genesis, edifice evolution, eruptive period, and scale of the volcanoes in Japan have been reviewed as follows:

- 1) Recently advanced researches on the mechanism and process of magma genesis and reservoirs beneath the subduction zone studied petrologically and seismologically have been introduced.
- 2) The fact that stratovolcanoes in Japan have evolved through a definite course has been found.
- 3) The total volume of the volcanoes in Japan is ca. 15,000 km³.
- 4) The life span in average of the stratovolcanoes is approximately 0.4-0.5 Ma.
- 5) Many stratovolcanoes have erupted in the individual periodicity, mainly in the periodicity of once every 102 years.
- 6) Andesite volcanoes have mostly erupted in the one cycle eruption series through a changing course as follows: phreatic-vulcanian-strombolian-vulcanian-phreatic eruptions.

1 はじめに

日本列島は5つの島弧からなり, 3または4枚のプレートがぶつかり, 沈み込む変動帯にある。沈み込み帯特有の成層火山・カルデラ火山など80余の活火山, 200を超える原地形を残した第四紀火山が活動する世界でも有数の火山地域である。この火山活動は基本的に太平洋プレートの沈み込みと, インド-ユーラシア大陸の衝突(Tapponnier et al., 1986)に始まる東アジア地塊の東進(Armijo and Tapponnier, 1989)→縁海・島弧の形成という大陸側の変動がからんで, 複雑な火山活動の変遷が繰り返られ, 現在の活動はその一環またはその余波とみられる。

本稿では火山の19世紀末以来の研究史, それらの研究の成果として得られた情報—火山体のタイプ, 発達史, 規模, 形成年代などの特徴を述べる。また, 一部には現在なお噴出当時の地形を一部残す第三紀火山があり, これら1000万年以降の日本列島の火山活動史のあらましについても言及する。この際, 火山地形を対象を限定せず, 密接に関連する火山地質・火山物理化学などの隣接分野についても言及する。

2 19-20世紀の火山地形学の進歩

火山学の成立は19世紀のはじめで(Scrope, 1822)。その対象はヨーロッパ, 特にイタリアの Etna, Vulcanoなどの活火山, ドイツ・フランスの Eichel, Auvergneの火山に限られていたが, 19世紀後半から20世紀初頭にかけて起こった, インドネシアの Krakatoa 火山(Verbeek, 1885; Simkin and Fiske, 1983), 西インド諸島 Mt. Pelee 火山(Lacroix, 1904)の大噴火など, 非欧米地域の火山活動の激しさは, 欧米火山研究者に大きな衝撃を与えた。それらの結果, 現在の火山学の基礎はつくられた。日本で現在なお見かけるシュナイダーの火山分類(Schneider, 1911, 130p)もこのころの成果の一つである。同じころ地形学の祖デービス(Davis, 1912)はアメリカ西部の単成火山をモデルにした火山の浸食輪廻説を唱えたが, この説は, 1ヶ月か1年程度の短期間に完成される単成火山とアメリカ西部の乾燥気候地域の弱い浸食力のもとでの産物で, 日本のように数十万年という長い活動期を持つ成層火山の形成と多雨気候下における火山体の激しい浸食作用が平行して起こる場所では, まったく通用しないモデルであった。

そのモデルをもとにデービスは、火山は地形学の本質的研究対象にならない、単なる「事変」にすぎないとし、その後の日本の火山地形研究史に大きな負の遺産を残した。

日本の火山についてはミルン(Milne,1887)が最初の記載をした。続いて1891年に起こった濃尾地震をきっかけにつくられた震災予防調査会の膨大な報告書の中に、多くの日本の火山の調査結果がのせられ、その後の日本の火山研究の礎となった。1888年磐梯山の水蒸気噴火(Sekiya & Kikuchi,1889)、1909,1910年の樽前・有珠火山の溶岩ドーム形成(Tanakadate,1922)、1914-15年の桜島の大正噴火(Koto,1916)、1926年の十勝岳の火山泥流(多田・津屋, 1927; 写真1)、1929年の北海道駒ヶ岳の軽石噴火(神津, 1932)などが起こり、噴火とその噴出物に関する知識が蓄積されていった。しかし火山地形に関する研究は流れ山(辻村・木内, 1937)、火砕流(Kuno, 1941)など散点的にみられたにすぎず、20世紀後半に入っても「火山地形研究は



写真1 十勝岳 1926年噴火にともなう火山泥流堆積物。(多田文男・津屋弘達撮影)

おけている」とさえいわれた(中野, 1967, 13頁)。

20世紀後半に入ってから空中写真の普及とともに火山地形の研究が急速に進展した。佐藤(1950)がその口火をきり、その後、守屋の一連の研究(1971,1975,1978a,1978b,1979,1983a)に発展し、現在では地形研究者のみならず、地質・地球物理・砂防工学の火山研究者・技術者の多くが空中写真を利用するのが一般的になった。守屋は空中写真で観察される火山地形の特徴とその地形をつくる火山噴出物など(1975,1978b,1980,1986b)

を現地でチェックし、地形と地質の関係を明らかにして、火山の地形判読法を確立(1978a)、その技法で日本の100余の第四紀火山の地形分類を行い、火山の発達史の一般則を明らかにし、火山体の分類を行った(1979)。

1950年代から火砕流研究が盛んになり(Aramaki,1956,1957;Smith,1960など)、火山体の形成要素としての重要性も認識された。1965年フィリピンの Taal 火山の噴火の際発生した横殴り噴煙―ベースサージ(中村, 1966; Moore,1967)がマグマ水蒸気爆発の産物であること、その噴出物がマールの周辺にみられることから、マールが、海岸・湖岸・河谷にマグマが噴出し、マグマ水蒸気爆発を起こした結果形成されるものと考えられるようになった(Fisher and Waters,1970など)。従来議論のあった伊豆新島の白ママ層(写真2)の成因

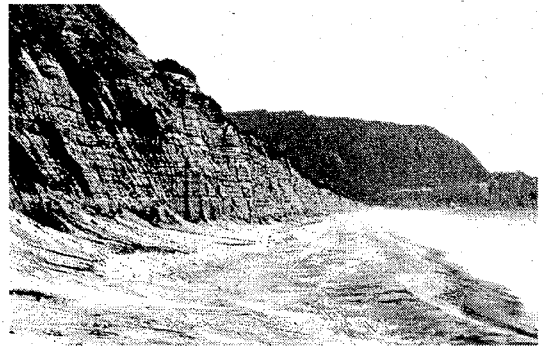


写真2 伊豆新島海食崖に露出する白ママ層(流紋岩溶岩と水の接触によるマグマ水蒸気噴火の放出物)

もこれにより解決された(横山, 1978など)。1980年アメリカのセントヘレンズ火山の大崩壊と岩屑なだれの発生(Voight et al.,1981など)も大きな衝撃を与え、その後20年間、火山体大崩壊に関する論文が絶えない。日本では1980年以前から磐梯山(写真3)を中心に、この火山体大崩壊と岩屑なだれに関する議論が行われていた(鈴木隆介, 1966; 守屋, 1980; Ui,1983など)が、その後も北海道1640年駒ヶ岳(古川ほか,1997;吉本・宇井,1998など)、1888年磐梯山(三村・遠藤, 1997など)などの火山体大崩壊の追跡調査が続いている。また桜島などの将来の大崩壊についても議論されている(国土庁防災局震災対策課, 1992)。

1977年の有珠山噴火以来、20世紀末にかけて阿蘇・御岳・三宅島・伊豆大島・伊東沖・雲仙・九重・



写真3 磐梯山の1888年山体大崩壊跡地である馬蹄形凹地を北上空から見る（玉野コンサルタント撮影）

北海道駒ヶ岳・雌阿寒岳と噴火が続き、岩手山の噴火が危惧された（土井ほか，1999）。2000年に入っても浅間山・磐梯山で地震が頻発した。

2000年3月には有珠山が噴火，北大有珠地震火山観測所の岡田弘教授（写真4）が日本で初めて噴火予知に成功した。続いて6月から始まった三宅島噴火では2000-3000年に1回起こる特殊な噴火が発生，予知観測陣を混乱させた。



写真4 有珠山2000年噴火と岡田弘教授

噴火予知研究には，19世紀末日本で発明された地震計が有珠噴火（1909）時に使用されて以来，ハワイ・浅間などの火山観測所に常置され，噴火予知の主役として活躍してきた。1980年代からこの機器観測に加え，詳細な噴火史研究からの情報を予知や防災に活用するための調査が，白山（守屋，1983b, 1984, 1993）・乗鞍（奥野ほか，1994など）・那須（山元，1997など）・岩手（伊藤，1999など）などの火山で行われており，2000年初頭にはかなりの成果があがると期待される。

火山体の浸食に関して地形研究者のみならず（岩塚・町田，1962；鈴木，1969；守屋，1975など），砂防研究者も1984年御嶽伝上くずれ（奥田ほか，1985など；写真5）以来，多大の関心をよせ，成果があがり始めている。有珠山・雲仙噴火でも大きな収穫が得られた（山本ほか，1980；東，1980；今川，1984；池谷・石川，1991；西田ほか，1998など）。



写真5 御嶽1984年大崩壊で生じた馬蹄形凹地と岩屑なだれで運ばれた巨岩

3 日本列島下のマグマの生成—上昇—噴出

日本列島下のマグマの生成，上昇，噴出過程について多くの研究があり（柵山・久城，1980；巽，1995など），多くのモデルが提出されているが，およそ次のようなシナリオが多くの研究者の共通認識に近いと考えられる。

日本列島の火山は太平洋プレートの沈み込みにより，マントル中まで運び込まれた岩石中の水分が，火山フロント内側で放出され，それが上昇してカンラン岩からなる高温のマントルウェッジの一部を融解することによって生じたマグマが地表で噴出して形成した。マグマ中には水分を多く含むため，爆発的噴火を行ない成層火山をつくる。また日本列島の大部分は強い圧縮応力場に置かれているため，マグマの上昇は容易ではなく，形成されたジグザグの割れ目を伝わって複数のマグマ溜りを通過し（高橋，1997），周囲の岩石を取り込み，同化し，先に上昇し，すでに半固結化したマグマと混合するなどの過程を経て，当初と全く異なった安山岩質マグマに変質して地表にあらわれるとも考えられている。特にモホ面直下まで上昇した玄武岩マグ

マはより軽く、強圧縮場に置かれた地殻中に貫入することは難しく、そこで停滞し、地殻に熱だけ伝達して、地殻下部の部分融解を引き起こし、流紋岩、安山岩マグマを大量に生産し、カルデラ火山、成層火山の形成の主因となるとの考えもある。また、プレートとともに斜めに沈み込む岩石中に含まれる角閃石・雲母などの含水鉱物のうち、はじめに雲母類が分解して水分を放ち、フロント付近の火山の生成の主因となり、続いてより内弧側の地下深部まで引き込まれた岩石中の含水鉱物のうち、角閃石が次に分解して水分を放出し、島海山など内弧側の火山を形成する(巽,1995)、と考えられているが、西南日本弧の火山はプレートの沈み込みとは無関係でマントルからの高温物質の上昇で生じたとの考えも出されている(Iwamori,1989)。

地震波トモグラフィーの手法を用いて地下の温度構造を知り、マグマ溜まりの存在を明らかにする研究が急ピッチで進み、磐梯(植木,1990)・日光(長谷川・松本,1997; Adachi et al.,1999)・立山(勝俣,1996)・御嶽(吉田ほか,1997)などの火山で成果が上がりつつある。

4 火山体の分類・発達史

火山体の分類はシュナイダーの分類(Schneider,1911)など数多くあるが、現在多くの火山研究者が納得している分類として、複式火山を溶岩原(シュナイダーのペディオニーテ Pedionite に相当)・楯状火山(アスピーテ Aspite)・成層火山(コニーデ Konide)・カルデラ火山の4つに、単成火山を溶岩ドーム(トロイデ Tholoide)・火砕丘(ホマーテ Homate)・マール(Maars)の3つに分けるものがある。

日本列島には、溶岩原・楯状火山は小型のものを除いて存在せず、成層火山・カルデラ火山・溶岩ドーム火山・火砕丘火山・マール火山が存在する(守屋,1979)。

1) 成層火山

成層火山は大きくみると、4つの発達段階に分けられ、その発達時期に応じて4つに細分できる(守屋,1979)。第1期の発達段階にある成層火山は富士山のように単純な円錐形をもち、玄武岩-安山岩質の溶岩流・スコリアをハワイ・ストロンボリ・サブプリニアン噴火で放出、山頂に火口を持ち、そこから麓まで平滑で連続的な斜面が広がる。山麓にスコリア丘をつくること

が多い。羊蹄・岩手・岩木・開聞など「〇〇富士」と呼ばれる火山(写真6)がこの発達段階にある。第2期に



写真6 成層火山発達段階の第1期を示す富士山を北東から見る

は安山岩質の厚い溶岩流をブルカノ式噴火と平行して流出し、より急峻な山体をつくるが、この時期の初めと、第1期の末頃、山体大崩壊が発生、山頂に馬蹄形カルデラが形成され、崩壊物質が山麓に扇状広がり、流れ山地形をつくることが多い。第3期にはプリニアン噴火、火砕流噴火など爆発的噴火が頻発し、山体上部は破壊され、山麓に火砕流・土石流堆積面が広く形成されるようになる。浅間山、北海道駒ヶ岳などがこの例である。第4期には、火砕流噴出と関連した山頂小カルデラの形成と、その内部でのプリニアン噴火、溶岩ドーム形成などが起こる。大雪・赤城(写真7)・榛名・高原などの火山がその例と考えられる。成層火山はいずれも上述のコースをたどってその一生を終えると考えられるが、第2期で止まっている火山も多く、第3,4期まで発達しないという考え(高橋,1986)もある。またアメリカ合衆国のセントヘレンズ火山(Mullineaux and Crandell,1981)や、ニューメキシコのTaylor火山(Perry et al.,1990)はデイサイト流紋岩質の溶岩ドーム集合体を玄武岩-安山岩質の溶岩流、スコリアが薄くおおう構造をもっていて、上記の発達史と異なることを示している(守屋,1985)。また同じくアメリカ合衆国のカスケード山脈中のRainier, Hood, Adamsなどの成層火山は、富士山を凌駕する巨大な火山体を持ちながら、まだ第1期の発達段階に止まり、張力場という日本列島と異なる地学的環境にあることから、今後、日本の成層火山のような発達は遂げず、第1期の活動を繰り返しながら、一生を終える可能性もあるようにみ

える。その他成層火山と楯状火山の混血のような地形・構造を持つ Newberry, Medicine Lake 火山(守屋,1994), イタリアのローマ市・ナポリ市周辺に噴出した, 成層火山とカルデラの混血のような Vico, Albano, Roccamonfina 火山などがあり(守屋,1997), 世界的に日本列島と異なる発達・構造・地形をもつ成層火山が見られる(守屋,1995)。今後このような成層火山の構造・発達史の地域的差異の成因について総括する必要がある。

2) カルデラ火山

カルデラ火山(写真8)は日本列島では北の屈斜路, 南の鬼界カルデラまで10個数えられるが, エトロフ島にも3個のカルデラ火山がある。伊豆一小笠原弧にもいくつかの海底カルデラが発見されている(Yuasa et al.,1991;湯浅,1995など)。これらの火山は数回の大規模珪長質火砕流噴火を起こし, 噴出中心に径10~24kmの大カルデラ, その周辺には広大な火砕流堆積面をつくる。そのあと桜島, 有珠山, 雌阿寒岳のような体積10km³以下の小型成層火山をつくる。その成因については初期の大量珪長質火砕流の起源となるマグマの成因とからんで議論が多い。玄武岩質マグマに満たされたマグマ溜り中の結晶分化作用だけで説明するこ

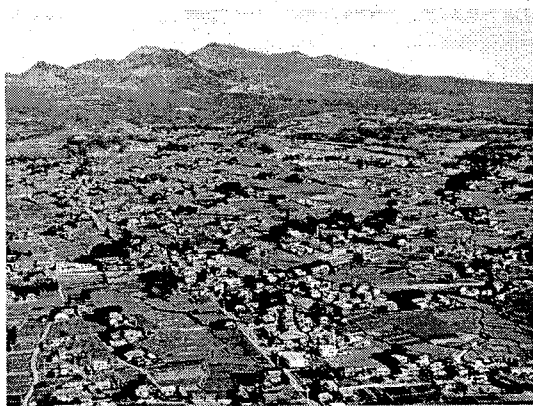


写真7 成層火山発達段階の第4期を示す赤城山を南上空から見る(目黒幸男氏撮影)

とは困難で, 地殻下部の部分溶融による安山岩一流紋岩質マグマの存在が推定されている。

3) 単成火山群

小型単成火山群は目黒・戸室・神鍋・青野(写真9)・阿武・隠岐・杓岐・五島火山など約30個数えられるが, 日本海沿岸に多い。太平洋側の東伊豆単成火山群はプレート三重点付近の特異な環境下で生じたと考えられる。

単成火山群の大部分はスコリア丘であるが, 戸室・青野・然別など溶岩ドーム火山もある。これらのそれぞれの体積は1km³前後であるが, 阿武火山は10km²平方程度の範囲内に数10個のスコリア丘と溶岩ドームが共存, ここ30万年ほどの間に次々と誕生(宇都・小屋口, 1987), それらの総体積は40km³程度で平均的な大きさの成層火山1個分にしかない。

5 火山灰編年学

アイスランドのThorarinsson(1944)に先駆けて, 北海道の火山性土壌を研究した浦上など(1933)は, 樽前, 有珠, 摩周, 雌阿寒などの諸火山から噴出したプリニアン噴火の降下軽石を認識・追跡し, その分布, 層厚, 粒度組成などの基本的性格を明らかにした。貝塚(1958)により, これらの火山灰と地形面との関係や, それを用いた火山灰編年学が確立され, その後, 多くの研究者により, 膨大なデータが集積された。その中で, 町田, 新井(1976)による広域火山灰の発見は, その後の広域的に分布する地形面・堆積物・人類遺跡などの対比に大きく貢献した(町田・新井,1992)。これらは火山灰を使って地形学・地質学・考古学・土壌学などの隣接分野に大きく貢献したが, 火山地形研究の上でも, 噴出物の対比・同定に重要な役割を果たし, 火山の噴火史, 地形発達史の組立てに貢献している(例えば福山・小野1981)。中村(Nakamura,1964)は伊

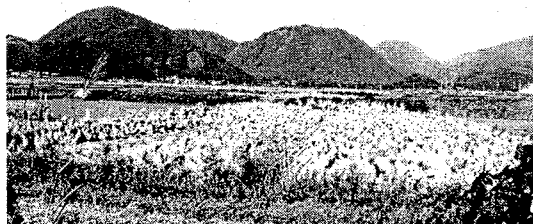


写真9 溶岩ドーム群からなる青野火山

豆大島火山で, 降下スコリア層などの噴出物を詳細に検討, 噴火サイクルの認定など多大な成果を上げた。

現在ではプリニアン噴出物だけでなく水蒸気噴火のような小規模噴火の噴出物(写真10)も含めた、火山灰層の詳細な解析が進み(例えば奥野,1995;井村,1995;岩瀬・守屋,1997),噴火予測にまで関与し得る情報が得られるようになりつつある(守屋,1993)。

テフラの分布層厚から噴出物の堆積を見積る方法が考案(Walker,1980;Hayakawa,1985)され、火山体形成に関係せず、噴出物量算定の際に見過ごされていたプリニアン噴出物の量が意外に大きいことが明らかとなった。広域火山灰の発見のもととなった始良一丹沢火山灰層は、噴出量 400km^3 と推定される巨大な入戸火砕流の噴煙柱の上部の軽く風に流されやすい薄板状ガラス片が主構成物である co-ignimbrite ash であることが分かり、プリニアン噴出物と一線を画された。同様のものはアカホヤ火山灰層などいくつも見出されている。

また1サイクルの短い噴火の経過を追跡する火山灰層序学的調査も行われるようになった。浅間山天明噴火は従来、プリニアン噴火→火砕流噴火→溶岩流出という経過が考えられてきたが(Aramaki,1956),プリニアン噴火→火砕流噴火→プリニアン噴火→火砕流噴火という考え(井上,1996;安井・小屋口,1998)が有力になってきており、これらの検討の際には火口から流下する流動物質(溶岩流?;写真11a,b,c)上に次々と火口付近にのみ降下テフラが堆積し、溶岩流はテフラ降下地域の外に流出する状況下での、「移動物体火山灰層序学」が要請される。

6 噴出量・火山体の規模

地表に到達したマグマの量(噴出量)は火山活動の程度を示す量として重要であるが、火山体の体積がほぼ噴出量に対応するものとして使用される場合が少なくない。しかしかなりの噴出物が爆発的噴火で遠方に運び去られること、火山体をつくった噴出物のかなりの部分が浸食で運び去られることで、火山体の体積は噴出量をかなり下回ると考えられる。赤城火山体は、 130km^3 の体積をもつが、プリニアン噴火と浸食作用で 50km^3 以上の構成物質が失われ、噴出量は 200km^3 を超えていたと考えられる。日本でも有数の豪雪地帯の大起伏山地に噴出した白山は、40万年間の活動で体積わずか 16km^3 、最大厚400mの小ぶりの火山体しか残していないが、山体中央部の浸食カルデラの地形、地質

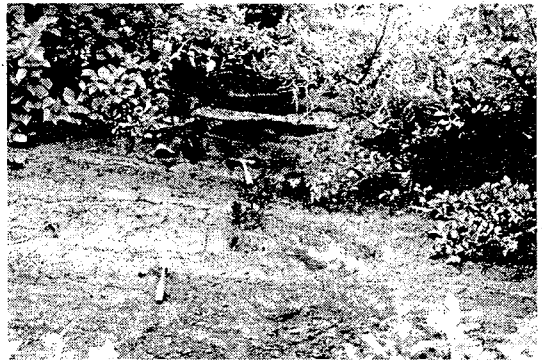


写真 10 吾妻火山乙女峠のテフラ露頭。下位に吾妻小富士・桶沼火砕丘をつくった 5000 年前のブルカノ・ストロンボリ噴火の放出物である青黒色火山砂層・火山礫層、上位に浄土平・一切経火口群からの水蒸気噴火による灰褐色の変質火山灰層が数枚ローム層中にはさまる

学的特徴から、比高1000m以上、標高3500m近い円錐形成層火山が少なくとも2回建設され、その全噴出量は 100km^3 を超えていたと考えられる。しかし白山のように現存量が推定噴出量の1/5から1/10程度に減少している例は少なく、大部分の火山は赤城山同様、現存量は噴出量の数割減程度であろうと思われる。

菅・藤岡(1990)は伊豆・小笠原弧北部の火山岩量を海底地形図から推定しているが、大島・三宅島などは海面下に陸上の10倍以上の火山体が存在して、それぞれの体積は 415km^3 、 519km^3 と見積もられている。そのような火山体が火山フロントに沿って19個、背弧海盆中に体積 10km^3 以下の小型火山が250個認められ、第三紀火山が大部分と考えられる西七島海嶺の火山を除き、控えめに見積もっても、伊豆・小笠原弧の第四紀火山の噴出量は、 $3000\text{--}4000\text{km}^3$ に及び、これまで約 5000km^3 とされてきた日本列島全体の第四紀火山の噴出量に匹敵し、噴出量は大幅に増大すると思えなければならない。このような不確定要素があるので、正確な数値はいえないが、おおまかにここ50万年間の日本列島で噴出したマグマの量は $7000\text{--}8000\text{km}^3$ 程度であろうか。

個々の火山についてみると、成層火山ではプレートの上三重点付近に富士山・八ヶ岳・伊豆大島・三宅島な

どの大型火山が集中する。

成層火山は噴火を繰り返すことによって、大きな火山体に成長するが、1回々々の噴出物の量はそれほど多くない。それに対しカルデラ火山から1回の噴火で放出される珔長質火砕流の堆積物は 100km^3 を超えるものが少なくない。2.5万年前に鹿児島湾北部で噴出した入戸火砕流は 400km^3 の体積を持つ(Aramaki, 1984)。単成火山群は個々のスコリア丘・溶岩ドームは小規模であるが、群をなすと阿武単成火山群(10km^3)、東伊豆単成火山群(30km^3)のように平均的な成層火山・カルデラ火山とそれほど差違はなくなる。

7 火山の寿命、噴火の周期

1980年代から火山噴出物の ^{14}C 、K-Arなどの年代測定値が急増した。また液浸法の開発や、名古屋大学加速器導入により、 ^{14}C 年代値の精度や、土壌試料や少量の試料でも測定可能になった。K-Ar法も測定技術の進歩で精度や処理速度が上がり、それまで3万年前から100万年前までの年代値の空白が埋められ、噴火の周

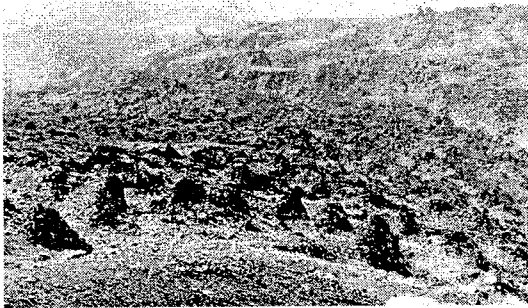


写真 11a 浅間山頂から見た鬼押し溶岩流。遠方の台地群は火砕物からなる平滑な表層部が流動中に割れて分離したもの、手前の三角搭群はさらに細分割されたもの

期、火山の寿命、活動の盛衰などを定量的に議論できるデータがそろってきた。

1) 火山の寿命

第四紀火山の多くは、まだ寿命がつきておらず、将来も長く活動を維持すると考えられるので、寿命を議論することは難しい。また活動開始時期が明らかでない火山も少なくなく、まだ、火山の寿命を細かに議論することは時期尚早かも知れないが、それを含んだう

えでの大まかな議論をしてみよう。

鳥海山55万年前、蔵王山70万年前、東吾妻山50万年前、安達太良山55万年前、磐梯山70万年前(梅田ほか, 1999)、那須山40万年前、女峰山60万年前、草津白根山60万年前、箱根火山50万年前、御嶽75万年(松本・小林, 1999)雲仙岳50万年前と、これまで火山としての地形をよく残し、第四紀火山とよばれてきたものの多くは、70万年前後以前から活動を開始している。しかし同様の地形を持つ利尻山20万年前、妙高山30万年前などは意外に新しい年代値が得られている。浅間山9万年前、富士山8万年前など非常に新鮮な火山体をもつものは、やはりその誕生も新しい。一方、地形面は消失したが、定高性のある放射状の尾根や谷、山頂部の浸食火口あるいは浸食カルデラ(Karatsonet al, 1999)などの火山としての形態をなお残す博士山(250-280万年前、小林・猪俣, 1986)、葉山(360-420万年前、

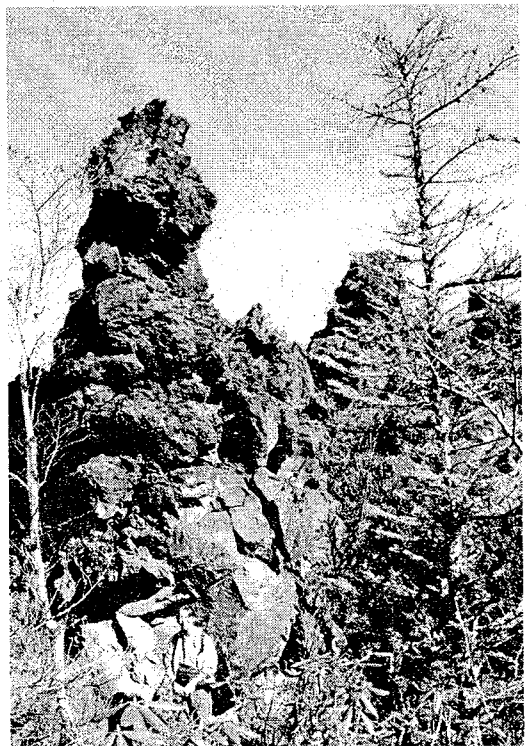


写真 11b 表層の火砕物が細分割されて生じた岩塔。下部の溶岩状の岩石も火砕物起源



写真 11c 内部の流動層が引き伸ばされ、分割された台地群・岩塔群の間の凹地底に、内部の流動層の一部が盛り上がり生じたロールケーキ状地形

斉藤・亀井,1995), 多良岳(41-106万年前, 小形・高岡, 1991)などの古い成層火山は, その活動期間がそれぞれ数10万年前で, 40万-300万年以上の範囲に散らばっている。これは少なくともここ300万年間, 成層火山が絶えず形成され続けたことを示す。このような骸骨状火山はすでに寿命がつきていたと考えられてきたが, 活動が再開した例が最近, 北海道で見つかっている。

東大雪丸山火山は100万年以上前に活動を終えたと考えられていたが, 明治時代に噴火活動を示す新聞記事が発見されたことから研究が進み(荒牧ほか, 1993など), ここ数1000年間に何回かの水蒸気噴火を行った跡が明らかとなった。このような長い活動休止期をはさんだ噴火活動は1つの火山の継続的活動と見なすかについては議論がある。

カルデラ火山は比較的古くから活動していた阿蘇山が27万年前, 霧島山が30万年以上前, 十和田火山20万年前などと成層火山にくらべ, 一般的にやや若く, ここ30万年以降, 活動を始めた。カルデラ内に形成された小型成層火山も恵庭岳1.5万年前, 樽前山9000年前, 有珠山1.5万年前, 桜島2.2万年前, 池田湖・開聞岳4000-5700年前と, いずれも2万年ほど前に誕生したばかり, しかも発達も速く, 2万年でかなりの小型成層火山は晩期にまで達しており, 前述の大型成層火山にくらべ短命らしい。

単成火山群は, 東伊豆単成火山群が14万年前, 阿武単成火山群が30万年前から現在まで, 宅岐単成火山群

は60-430年前まで370年間, 年に47-84m³の割合で噴出活動を断続的に行ってきた(佐野, 1995)。これは単成火山群がこれまで考えられてきた(守屋, 1983a, 101p)より, かなり長い活動期間をもっていることを示す。

8 噴火周期と噴火様式の変化

14C年代値も近年大幅に増加し, 多くの火山で最近数万年間の詳細な噴火史が編まれるようになり, 噴火の周期, 噴火様式の変遷についても議論できるようになってきた(小山・吉田, 1994)。伊豆大島・三宅島・富士山などの玄武岩質マグマが噴出する第1期の成層火山は30~100年に1回の割合で噴出し, 安山岩質マグマを噴出する第2期の成層火山は500-1000年おきに噴火するものが多い。第3期の浅間山・北海道駒ヶ岳, それにカルデラ内の小型成層火山である桜島火山は, 500年に1回程度プリニアン噴火を行うが, その間に多くの水蒸気噴火やブルカニアン噴火が発生する。赤城・榛名・高原などの第4期の段階の火山は, 1万年に1回, 噴火するかしないかである。またその噴火も水蒸気噴火である場合が多く"死期"に近いと感じさせる。ただ, 立山の場合, 最近の地震波探査から明瞭なS波反射面が認められ, 比重が1以下の水より軽い物質が地下数kmにあることが推定されている(勝俣, 1996)。これが大量のガスが発泡しかけたマグマ溜り上部だとすると老年期の火山とはいえ油断はできず, 大量の火砕流の噴出を警戒しなければならないことになる。

カルデラ火山内の後カルデラ期の火山の噴火周期は一般に短い。雌阿蘇・有珠・樽前・阿蘇中岳・桜島など, 数十年おきに噴火する活発な活火山である。開聞岳は4000年前から8世紀まで300年おきに噴火していたが, 8世紀以降, 1000年以上にわたって休んでいる無気味な火山である。浅間山はここ1万年たらずの間に, 17回のプリニアン噴火を行ったが, 5世紀以降プリニアン噴火の間にブルカニアン噴火が頻発するように噴火の性格が変わりつつある(竹本ほか, 1994)。

伊豆大島火山はここ1.5万年間に107回の噴火を起こした(Nakamura, 1964; 田沢, 1980)が, その周期・噴出量は全く一定ではなく, 2000~3000年周期の活動の盛衰が認められている(田沢, 1991)。富士山も同様に, ここ1.1万年間に2回の静穏期をはさんで, 3回の活動期が存在した(宮地, 1988)。

9 1000万年前—現在の火山活動史

太平洋からのプレートが一定速度で、一定方向に日本列島に沈み込んでいけば、火山活動も一定の噴出率・噴火様式で行われ、成層火山、カルデラが積重なっているはずである。近年日本の火山岩の噴出年代値が急増し、その実態がおぼろげながらわかりはじめた。その結果では日本列島では1200万年前までに日本海拡大にともなうグリーンタフ火山活動は終了し、その後は現在まで断続的に火山活動が起こったように見える。また東北日本では活動域が時代により変化したともいわれる(守屋,1983a,78p; 吉田ほか,1995)。日本列島全域にわたって詳細なデータが得られた段階にはまだ至っていないので検討の余地は残るが、ここ1000万年間、一定の火山活動が続いた事実はなさそうに見える。特に100万年前を境に火山タイプや活動に規模に大きな変化が見られる地域が少なくない。北見・大雪・十勝地域、羊蹄山周辺地域、仙岩地域、会津・白河地域、碓氷峠一沼田(上信)地域、上高地周辺(北アルプス南部地域)では、300万~100万年前に噴出量が100km³を超える大規模な珪長質火砕流が何回も噴出し、総噴出量がゆうに1000km³を超えるカルデラ火山集合体が形成された。当時の地形の大部分は浸食・堆積により消失したが、広大な火砕流台地の一部、カルデラの一部がなお残る。これら大規模火砕流の噴出後、しばらくの間、火山活動はおさまり、50万年くらいの静穏期を経て、50万年ほど前から安山岩質マグマの上昇にともなう成層火山・カルデラ火山などの形成が始まる。これがこれまで第四紀火山とよばれたもので地形をよく保存する。東北日本では1000万年前以降、全域に点在していた成層火山が時代とともに減少しながら、いくつかの火山群に分かれ、偏在化していく傾向が指摘されている(吉田ほか,1995; 梅田ほか,1999)。このような複雑な火山活動の歴史をたどったのは、沈み込む太平洋プレートの運動が不規則であったためか、あるいはユーラシアプレート側に様々な変動が起こったためなのかは明らかでない。伊豆・千島弧の衝突、日本海東部新生海溝の誕生など様々な事件が、インド・ユーラシア大陸の衝突に起因して発生、東アジア地域の東進→縁海の形成→日本列島の大陸からの離別という一連の運動を介して起こったと考える研究者が多くなったが、この解決は21世紀に残された最重要課題のひとつである。

10 噴火災害と予知

これまで噴火予知は地震計などを中心とする機器観測で捉えられた前兆現象を分析することによって実現されるとして努力がなされ、最近では伊豆大島の噴火の場合のようにいま一步で予知できたといえるまでになった。そして岩手山の噴火が危惧され、警戒態勢にはいつている状況にまで予知技術は進歩した。しかし噴火予知が、その時期・場所・規模・種類・経過の5つについて事前に知らなければならないのに、この方法では時期のみ、それも開始時期だけで、残りの項目について予知できるようになるには、まだ多くの時間と努力が必要な段階にある。それを当面補うために、ここ1万年間の詳細な噴火史を個々の火山で編む作業が進行中である。これは火山頂部周辺の湿原の泥炭層中に介在する噴出物を火山層序学的に調べ、泥炭の年代を測定することで噴出物の年代を決定、噴火の周期・最終噴火年・規模・種類・場所などを明らかにすることを目的とする調査である(守屋,1993)。白山では過去1.1万年間に約20回の噴火があり、そのうち3回は火砕流が噴出、溶岩流は1回、ブルカノ式噴火が2回あり、残りは小規模な水蒸気噴火であったこと、火山体の大崩壊による岩屑なだれが発生したことなどが判明した。また古文書などの情報も併せてここ数千年間は300年の休止期、100-150年の活動期がくりかえされる450年周期の噴火が続いており、1659年の噴火を最後に340年間休止したままであるということも明らかとなった(守屋,1983b)。この研究は1990年代後半になって急速に進展し、岩手・吾妻・高原・乗鞍など50個近い火山の「1万年噴火史」が明らかになってきている。

文 献

- Adachi,Y.,Sato, H.,Muro,K, Hasegawa,A. and Matsumoto,S.(1999):Three-dimensional thermal structure of the crust beneath the Nikko volcano group,Japan.bull. Volcanol. Soc.Japan, 44, 183-190.
- Aramaki,S.(1956):The activity of Asama volcano,Pt.1.Jap.J.Geol.Geogr.,27,189-229.
- Aramaki,S.(1957):The activity of Asama

- volcano, Pt. 2. Jap. J. Geol. Geogr., 28, 11-33.
- 荒牧重雄・岡田弘・中川光弘・斉藤宏・森濟・近堂祐弘・勝井義雄・鈴木貞臣(1993): 丸山. 北海道防災会議, 82 頁.
- Armijo, R. and Tapponnier, P. (1989): Late Cenozoic right-lateral strike-slip faulting in southern Tibet. J. Geophys. Res., 94, B3, 2787-2838.
- Davis, W.M. (1912): Die erklärende Beschreibung der Landformen. Berlin.
- 土井宣夫・梶原竜哉・青山謙吾(1999): 水準測量による 1998 年 9 月 3 日岩手県内陸北部地震前の岩手山南西部の隆起運動. 火山, 44, 255-260.
- Fisher, R.V. and Waters, A.C. (1970): Base surge bed forms in Maar volcanoes. Am. J. Sci., 268, 157-180.
- 福山博之・小野晃司(1981): 桜島火山地質図. 地質調査所.
- 古川竜太・吉本充宏・山縣耕太郎・和田恵治・宇井忠英(1997): 北海道駒ヶ岳火山は 1694 年に噴火したか?—北海道における 17-18 世紀の噴火年代の再検討. 42, 269-279.
- 長谷川昭・松本聡(1997): 地震波から推定した日光白根火山群の深部構造. 火山, 42, S147-S155.
- Hayakawa, Y. (1985): Pyroclastic geology of Towada volcano. Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, 60, 507-592.
- 東三郎(1980): 火山山麓の土石流と砂防工法. 月刊地球, 2, 442-448.
- 池谷浩・石川芳治(1991): 平成 3 年雲仙岳で発生した火砕流, 土石流災害. 新砂防, 44, 46-56.
- 今川俊明(1984): 1977-1982 年火山活動に伴う有珠山北外輪山斜面における地殻変動とマスムーブメント. 地理評, 57, 156-172.
- 井村隆介(1995): 小噴火の累積でつくられた堆積物. 火山, 40, 119-131.
- 井上素子(1996): 鬼押し溶岩流は火砕噴火起源か? 日本火山学会予稿集, No. 2, 170.
- 伊藤順一(1999): 西岩手火山において有史時代に発生した水蒸気爆発の噴火過程とその年代. 火山, 44, 261-266.
- Iwamori, H. (1989): Compositional zonation of Cenozoic basalts in the Central Chugoku District, southwestern Japan: Evidence for mantle upwelling. Bull. Volcanol. Soc. Japan, 34, 105-123.
- 岩塚守公・町田洋(1962): 富士山大沢の発達. 地学雑誌, 71, 143-158.
- 貝塚爽平(1958): 関東平野の地形発達史. 地理評, 31, 59-85.
- Karatson, D., Thouret, J.-C., Moriya, I. and Lomoschitz, A. (1999): Erosion calderas: origins, processes, structural and climatic control. Bull. Volcanol., 61, 174-193.
- 勝俣啓(1996): 飛騨山脈下の地震波異常減衰と低速度異常体. 月刊地球, 18, 109-115.
- 小林昭二・猪俣桂次(1986): 会津・博士山火山岩層の K-Ar 年代. 地球科学, 40, 453-454.
- 国土庁防災局震災対策課(1992): 火山噴火災害危険区域予測図作成指針. 国土庁, 153 頁.
- Koto, B. (1916): The great eruption of sakura-jima in 1914. J. Coll. Sci., Imp. Univ. Tokyo, 38, 1-237.
- 神津倅祐(1932): 昭和 4 年駒ヶ岳火山活動様式と他の 2, 3 の火山活動様式に就て. 火山第 1 集, 1, 5-15.
- 小山真人・吉田浩(1994): 噴出量の累積変化からみた火山の噴火史と地殻応力場. 火山, 39, 177-190.
- Kuno, H. (1941): Characteristics of deposits formed by pumice flows and those by ejected pumice. Bull. Earthq. Res. Inst., 19, 144-149.
- Lacroix, A. (1904): La Montagne Pelee et ses eruptions. Masson, Paris, 664p.
- 町田洋・新井房夫(1976): 広域に分布する火山灰—始良 Tn 火山灰の発見とその意義. 科学, 46, 339-347.
- 町田洋・新井房夫(1992): 火山灰アトラス. 東京大学出版会, 276 P.
- 松本哲一・小林武彦(1999): 御嶽火山, 古期御嶽火山噴出物の K-Ar 年代に基づく火山活動史の再検討. 火山, 44, 1-12.
- Milne, J. (1887): The volcanoes in Japan. Tr. Seis. Soc. Japan, 9, pt. 2.
- 三村弘二・遠藤秀典(1997): 磐梯山南西麓の岩屑堆積物大断面が示す磐梯火山の崩壊と再生の歴史. 火山, 42, 321-330.
- 宮地直道(1988): 新富士火山の活動史. 地質雑誌, 94, 433-452.
- Moore, J.G. (1967): Base surge in recent volcanic

- eruptions. Bull. Volcanol., 30, 337-363.
- 守屋以智雄(1971):赤城火山の形成史.火山, 15, 120-131.
- 守屋以智雄(1975):火山麓扇状地と成層凝灰亜角礫層.北海道駒沢大学研究紀要, No.9-10, 107-126.
- 守屋以智雄(1978a):空中写真による火山の地形判読.火山, 23, 199-214.
- 守屋以智雄(1978b):溶岩円頂丘の地形.駒沢地理, No.14, 55-69.
- 守屋以智雄(1979):日本の第四紀火山の地形発達と分類.地理評, 52, 479-501.
- 守屋以智雄(1980):" 磬梯式噴火" とその地形.西村嘉助先生退官記念地理学論文集, 古今書院, 214-219.
- 守屋以智雄(1983a):日本の火山地形.東大出版会, 135頁
- 守屋以智雄(1983b):乗鞍・草津白根・白山火山の完新世テフラ層の噴火予知に関する研究.文部省科研費自然災害特研報「中部日本の休火山に関する活動予知のための基礎的研究」(代表 小林武彦), 53-68.
- 守屋以智雄(1984):白山の火山地形.金沢大地理報, 1, 130-138.
- 守屋以智雄(1986):日本の火砕丘の地形計測.金沢大地理報, No.3, 58-76.
- 守屋以智雄(1993):噴火史研究による噴火の開始時期・規模・種類・経過の長期予測.文部省科研費自然災害特研「火山災害の規模と特性」(代表 荒牧重雄)報告書, 5-14.
- 守屋以智雄(1995):大陸地域と島弧の火山の地形・発達史の比較研究, 文部省科研費成果報, 76頁.
- 守屋以智雄(1997):イタリア半島の火山.貝塚爽平編「世界の地形」, 東大出版会, 76-90.
- Mullineaux, D.R. and Crandell, D.R. (1981): The eruptive history of Mt. St. Helens. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 1250, 3-15.
- 中村一明(1966):タール火山 1965 年の岩漿性水蒸気爆発.地学雑誌, 75, 93-104.
- Nakamura, K. (1964): Volcano-stratigraphic studies of Oshima volcano, Izu. Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, 42, 649-728.
- 中野尊正(1967):日本の地形.築地書館, 362頁.
- 西田顕郎・小橋澄治・水山高久(1998):雲仙普賢岳における火砕流堆積とガリー侵食の相互作用による地形変化.地形, 19, 35-48.
- 小形昌徳・高岡宣雄(1991):多良岳地域の火山岩類の K-Ar 年代.火山, 2, 187-191.
- 奥田節夫・奥西一夫・諏訪浩・横山康二・吉岡竜馬(1985): 1984 年御嶽山岩屑なだれの流動状況の復元と流動形態に関する考察.京都防災研年報, 28, B1, 186-213.
- 奥野充(1995):降下テフラからみた水蒸気噴火の規模・頻度.金沢大地理報, No.7, 1-23.
- 奥野充・中村俊夫・守屋以智雄・早川由紀夫(1994):乗鞍岳火山, 位ヶ原テフラ層直下の炭化木片の加速器 14C 年代.名古屋大古川総合研究資料館報告, No.10, 71-77.
- Perry, F.V., Baldrige, W.S., DePaolo, D.J. and Shafiqullah, M. (1990): Evolution of a magmatic system during continental extension: the Mount Taylor volcanic field, New Mexico. J. Geophys. Res., 95, B10, 19327-19348.
- 斉藤和男・亀井智紀(1995): 山形県, 村山葉山火山溶岩類の K-Ar 年代.火山, 40, 99-102.
- 柵山雅則・久城育夫(1981): 沈み込みと火山帯.科学, 51, 499-507.
- 佐野貴司(1995):老岐火山群の地質:主に K-Ar 年代に基づく溶岩流層序.火山, 40, 329-347.
- 佐藤久(1950):溶岩流の地形分類.東大地理学研究, 1, 114-132.
- Scrope, G.P. (1822): Volcanoes, the character of their phenomena. Longman, Green and Co. Paternoster Row, London.
- Schneider, K. (1911): die vulkanischen Erscheinungen der Erde. Verlag Gebrüder Borntraeger, Berlin, 272p.
- Sekiya, S. and Kikuchi, Y. (1890): The eruption of Bandai-san. J. Coll. Sci., Imp. Univ. Tokyo, 3, 91-172.
- Simkin, T. and Fiske, R.S. (1983): Krakatau 1883, the volcanic eruption and its effects. Smithsonian Inst. Press, Washington, D.C., 464p.
- Smith, R.L. (1960): Ash-flows. Geol. Soc. Am. Bull., 71, 795-842.

- 菅香世子・藤岡換太郎(1990):伊豆・小笠原弧北部の火山岩量. 火山, 35, 359-374.
- 鈴木隆介(1966):いわゆる韭崎泥流について. 地理評, 39, 363-364.
- 鈴木隆介(1969):日本における成層火山体の浸食速度. 火山, 14, 133-147.
- 多田文男・津屋弘達(1927):十勝岳の爆発. 震研彙報, 2, 49-84.
- 高橋正樹(1997):日本列島第四紀島弧火山における地殻内浅部マグマ供給システムの構造. 火山, 42, S175-S187.
- 竹本弘幸・久保誠二・鈴木正章・高橋正樹・新井房夫(1995):テフラからみた浅間火山前掛期の噴火史. 地球惑星科学関連学会予稿集, 96P.
- Tanakadate, H. (1922): Two types of volcanic domes in Japan. Prod. Fourth Pacif. Sci. Congress, Java, Batavia-Bandoeng 1930, II, B 695-703.
- Tapponnier, P., Peltzer & Armijo, R. (1986): On the mechanics of the collision between India and Asia. Geol. Soc. Special Publ., No. 19, 115-157.
- 巽好幸(1995):沈み込み帯のマグマ学. 東大出版会, 186頁.
- 田沢堅太郎(1980):カルデラ形成までの1万年間における伊豆大島火山の活動. 火山, 25, 137-170.
- 田沢堅太郎(1981):古期大島層群の14C年代と平均噴火周期. 火山, 26, 69-70.
- Thorarinsson (1944): Tefrokronologiska studier pa Island. Geogr. Analer, 1-203.
- 辻村太郎・木内信蔵(1937):火山泥流地形. 科学, 6, 288-290.
- 植木貞人(1990):地震探査による活火山直下の浅部地殻構造調査. 火山, 34, S67-S81.
- Ui, T. (1983): Volcanic dry avalanche deposits-identification and comparison with nonvolcanic debris stream deposits. J. Volcanol. Geotherm. Res., 18, 135-150.
- 梅田浩司・林信太郎・伴雅雄・佐々木実・大場司・赤石和幸(1999):東北日本, 火山フロント付近の2.0Ma以降の火山活動とテクトニクスの推移. 火山, 44, 233-249.
- 浦上啓太郎・山田忍・長沼祐二郎(1933):北海道に於ける火山灰に関する調査, 第1報, 東部胆振国に於ける火山灰の分布に就いて. 火山, 第1集, 1, No. 3, 44-60.
- 宇都浩三・小屋口剛博(1987):西南日本, 阿武単成火山群中のアルカリ玄武岩のK-Ar年代. 火山, 32, 263-267.
- Verbeek, R. D. M. (1885): Krakatau. Batavia, 495p.
- Voight, B. and Glicken, H. (1981): Catastrophic rockslide avalanche of May 18, the 1980 eruptions of Mount St. Helens, Washington. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 1250, 347-378.
- Walker, G. P. L. (1980): The Taupo pumice: product of the most powerful known (ultraplinian) eruption? J. Volcanol. Geotherm. Res., 8, 69-94.
- 山本博・門村浩・鈴木利吉・今村俊明(1980):1977-1978年噴出物に覆われた有珠山・西山川流域における泥流の発生. 地形, 1, 73-88.
- 山元孝広(1997):テフラ層序からみた那須茶臼岳火山の噴火史. 地質雑, 103, 676-691.
- 安井真也・小屋口剛博(1998):浅間火山1783年のプリニー式噴火における火砕丘の形成. 火, 43, 457-481.
- 横山勝三(1978):伊豆新島向山火山のベースサージ堆積物. 火山, 23, 249-262.
- 吉田武義・木村純一・大口健志・佐藤比呂志(1997):島弧マグマ供給系の構造と進化. 火山, 42, S189-S207.
- 吉田武義・大口健志・阿部智彦(1995):新生代東北本州弧の地殻・マントル構造とマグマ起源物質の変遷. 地質学論集, 44, 263-308.
- 吉本充宏・宇井忠英(1998):北海道駒ヶ岳火山1640年の山体崩壊. 43, 137-148.
- 湯浅真人(1995):「しんかい2000」による海底軽石火山の観察:明神海丘潜航調査. 火山, 40, 277-284.
- Yuasa, M., Murakami, F., Saito, E. and Watanabe, K. (1991): Submarine topography of seamounts on the volcanic front of the Izu-Ogasawara (Bonin) Arc. Bull. Geol. Survey, Japan, 42, 703-743.

写真説明

写真1 十勝岳 1926 年噴火にともなう火山泥流堆積物。(多田・津屋, 1927)

写真2 伊豆新島海食崖に露出する白ママ層(流紋岩溶岩と水の接触によるマグマ水蒸気噴火の放出物)

写真3 磐梯山の 1888 年山体大崩壊跡地である馬蹄形凹地を北上空から見る(玉野コンサルタント撮影)

写真4 有珠山 2000 年噴火と岡田弘教授

写真5 御岳 1984 年大崩壊で生じた馬蹄形凹地と岩屑なだれで運ばれた巨岩

写真6 成層火山発達段階の第 1 期を示す富士山を北東から見る

写真7 成層火山発達段階の第 4 期を示す赤城山を南上空から見る(目黒幸男氏撮影)

写真8 洞爺カルデラを有珠山から見る

写真9 溶岩ドーム群からなる青野火山

写真 10 吾妻火山乙女峠のテフラ露頭. 下位に吾

妻小富士・桶沼火砕丘をつくった 5000 年前のブルカノ・ストロンボリ噴火の放出物である青黒色火山砂屑・火山礫屑, 上位に浄土平・一切経火口群からの水蒸気噴火による灰褐色の変質火山灰屑が数枚, ローム屑中にはさまる

写真 11a 浅間山頂から見た鬼押出し溶岩流. 遠方の台地群は火砕物からなる平滑な表層部が流動中に割れて分離したもの, 手前の三角塔群はさらに細分割されたもの

写真 11b 表層の火砕物が細分割されて生じた岩塔. 下部の溶岩状の岩石も火砕物起源

写真 11c 内部の流動層が引き伸ばされ, 分割された台地群・岩塔群の間の凹地底に, 内部の流動層の一部が盛り上がり生じたローレルケーキ状地形